

УДК 67.05:62-405.8

## ЗАЛЕЧИВАНИЕ МИКРОТРЕЩИН В ПРОЦЕССЕ ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГАЛТЕЛЕЙ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

**С. Э. ЗАВИСТОВСКИЙ, В. Э. ЗАВИСТОВСКИЙ, А. С. КИРИЕНКО**  
*Полоцкий государственный университет, Беларусь*

*Наклеп на поверхности галтелей, образующийся при пневмодинамической обработке позволяет снизить вредное влияние начальных микротрещин усталости на прочность металла, замедляя или даже приостанавливая их развитие.*

Усталостное разрушение коленчатых валов в большинстве случаев начинается с зарождения трещины усталости в галтелях шатунных шеек в плоскости кривошипа. Зарождение трещины происходит в поверхностных слоях материала галтели. Этому способствуют:

- высокая концентрация напряжений в галтелях. Напряжения в галтелях могут в три, а иногда и в десять раз превышать номинальные напряжения в шейках коленчатого вала;
- наличие структурных концентраторов напряжений, вызванных механической обработкой поверхностных слоев металла, и исходное состояние материала (факторы, снижающие сопротивление усталости коленчатых валов на 20...30 %);
- остаточные напряжения в поверхностных слоях, вызванных технологическими рихтовками и закалкой шеек ТВЧ.

Дефектная структура твердых тел формируется уже на этапе получения самого материала. В процессе изготовления из него изделий и при эксплуатации готовых изделий она может существенно трансформироваться. При определенных условиях трещины в металле способны залечиваться (уменьшать свой объем), что приводит к улучшению эксплуатационных характеристик материала.

Трещины являются стоками для точечных дефектов и микропор в твердом теле. Процесс залечивания (разрастания) связан с потоком микропор (вакансий) от трещины (к трещине). Ранее установлено [1], что концентрация вакансий у поверхности малых трещин (пор) выше, чем у больших, и следовательно, появляется поток вакансий от малых трещин к

большим. Происходит залечивание малых трещин. Поток микропор на поверхность единицы длины трещины  $f$  рассчитывается по формуле:

$$f = \frac{\gamma n_1}{R} \sqrt{\frac{D}{n_2}} \frac{K_1(z)}{K_0(z)}, \quad (1)$$

где  $\gamma = \frac{2\alpha\Omega}{kT}$ ;  $z = R\sqrt{\frac{n_2}{D}}$ ;  $R$  – радиус трещины;  $D$  – эффективный коэффициент диффузии для дефектов данного типа;  $n_1, n_2$  – константы;  $\alpha$  – удельная поверхностная энергия;  $\Omega$  – характерный объем одной микропоры (дефекта);  $T$  – абсолютная температура;  $K_i(z)$  – цилиндрические функции Макдональда  $i$ -го порядка.

При оценке процесса залечивания трещины необходимо определить относительное изменение объема трещины (относительную скорость залечивания трещины):  $\varepsilon = \Delta V/V$ .

На рисунке 1 представлены зависимости относительного изменения объема трещины от температуры для различных значений энергии активации диффузии микропор. Известно [2], что в металлах энергия активации для вакансий лежит в интервале 0,9-2,0 эВ.

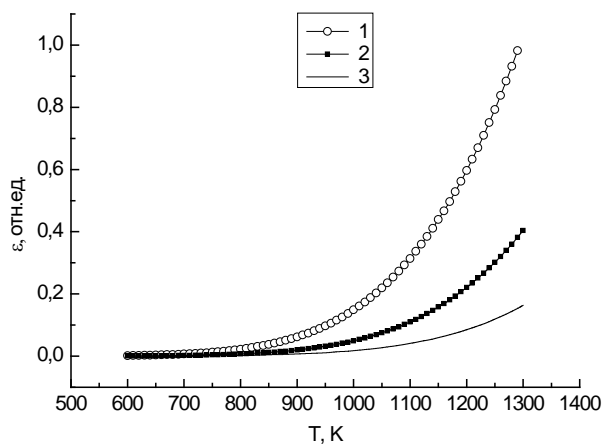
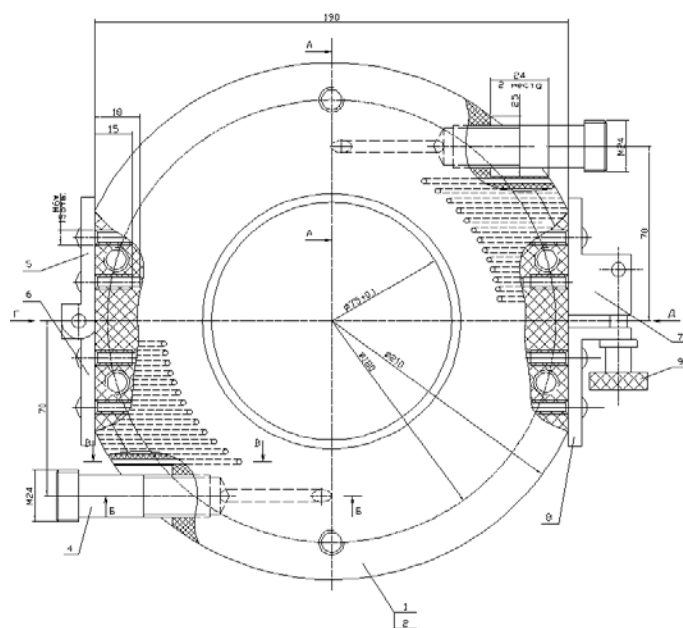


Рис. 1. Зависимость относительного изменения объема трещины от температуры при различных энергиях активации пор, эВ: 1 – 1; 2 – 1,13; 3 – 1,25 ( $D_0=5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $t = 20 \text{ ч}$ )

Как видно из рис.1 изменение энергии активации пор в небольшом интервале 1–1,25 эВ существенным образом влияет на параметр залечивания. Кроме этого, скорость процесса залечивания зависит от температуры.

# Polotsky



Работоспособность и надежность конструкции специальной оснастки можно подтвердить с помощью ускоренного метода определения циклической долговечности поверхностно-упрочнённых поверхностей галтелей шеек коленчатых валов с помощью обобщенной номограммы, позволяю-

шей определить циклическую долговечность N поверхностно-упрочненных деталей. Наличие номограммы позволяет провести сравнительную оценку влияния размеров поперечного сечения, выбранного конструкционного материала, способа и режима поверхностного упрочнения на величину циклической долговечности, сэкономить время для инженерных расчётов долговечности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Zavistovskiy, V. On interaction between cracks and particles in coated materials / V. Zavistovskiy, E. Bogdanova, S. Zavistovskiy // Fracture mechanics and physics of construction materials and structures : materials of II international symposium, 7-10 November 1996, Lviv-Dubliany. – P. 45–48.
2. Фистуль, В.И. Физика и химия твердого тела / В.И. Фистуль. – М. : Металлургия. – 1995. – 486 с.
3. Завистовский, С.Э. Патент на полезную модель «Пневмодинамическая камера для упрочнения шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания» : № 8054 / С.Э. Завистовский, А.С. Кириенко, Р.И. Бельченков ; дата публ.: 12.09.2011.